



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Planché', enclosed within a large, loopy oval stroke.

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08

Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Jean LEHU BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B14446/ALP-DD2535	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
		PROCÉDE DE REPARATION D'ERREURS DE MOTIFS REALISES DANS DES COUCHES MINCES.	
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>		Pays ou organisation	Date N°
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Nom Rue Code postal et ville Pays Nationalité Forme juridique		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33, rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème France France Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind	
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom Prénom Qualité Cabinet ou Société Rue Code postal et ville N° de téléphone N° de télécopie Courrier électronique		LEHU Jean Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068 BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS 01 53 83 94 00 01 45 63 83 33 brevets.patents@brevaalex.com	
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>			
		Fichier électronique	Pages Détails
Texte du brevet		textebrevet.pdf	28 D 22, R 5, AB 1
Dessins		dessins.pdf	7 page 7, figures 20, Abrégé: page 2, Fig.3
Désignation d'inventeurs			
Pouvoir général			

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>				
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant		
Numéro du compte client		024		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>				
Établissement immédiat				
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	13.00	195.00
Total à acquitter	EURO			515.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Émetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

### Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

<b>DATE DE RECEPTION</b>	16 décembre 2003	
<b>TYPE DE DEPOT</b>	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	<b>Dépôt en ligne: X</b>
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI</b>	0351067	<b>Dépôt sur support CD:</b>
<b>Vos références pour ce dossier</b>	B14446/ALP-DD2535	

**DEMANDEUR**

Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

**TITRE DE L'INVENTION**

PROCEDE DE REPARATION D'ERREURS DE MOTIFS REALISES DANS DES COUCHES MINCES.

**DOCUMENTS ENVOYES**

package-data.xml	Requetefr.PDF	application-body.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	fee-sheet.xml
FR-office-specific-info.xml	Comment.PDF	textebrevet.pdf
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	request.xml

**EFFECTUE PAR**

Effectué par:	J. Lehu
Date et heure de réception électronique:	16 décembre 2003 14:29:44
Empreinte officielle du dépôt	04:BE:92:1D:FD:72:A3:72:A3:8E:F5:5C:A0:64:0D:9A:72:9B:D8:43

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL  
INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersbourg  
NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08  
LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04  
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

**PROCEDE DE REPARATION D'ERREURS DE MOTIFS REALISES DANS  
DES COUCHES MINCES.**

**DESCRIPTION**

**5    DOMAINE TECHNIQUE**

L'invention se rapporte au domaine des procédés de fabrication en couche minces par exemple de circuits intégrés électroniques ou de MEMS (MEMS pour microsystemes électromécaniques) et plus  
10 particulièrement à celui de la réalisation de motifs sur des couches minces. L'invention peut par exemple s'appliquer à la réalisation de masques pour la lithographie tels que par exemple les masques pour la photolithographie en ultraviolet extrême. Elle propose  
15 une méthode permettant de réparer un dessin erroné réalisé dans une couche mince gravée.

**ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE**

La fabrication d'un circuit intégré en couches minces implique généralement la formation de motifs dans ces couches minces.  
20

La réalisation d'un ou plusieurs motifs dans une couche mince fait appel le plus souvent à un procédé de photolithographie au cours duquel on emploie généralement un masque comportant un dessin  
25 reproduisant, généralement à une plus grande échelle, les motifs que l'on souhaite former dans la couche mince.

Toute erreur sur le dessin du masque, par exemple si un ou plusieurs motifs du masque sont en

excédent ou manquants, peut se traduire directement par le non fonctionnement du circuit intégré. Cette erreur de dessin peut provenir du concepteur du dessin ou bien de défauts générés sur le masque lors de sa fabrication.

Dans le cas d'une erreur de conception du dessin du masque, il peut s'avérer nécessaire à la fois de produire un nouveau dessin puis de fabriquer un nouveau masque. Dans le cas de défauts de fabrication du masque, la fabrication d'un nouveau masque peut s'avérer nécessaire. Dans les deux cas, ces erreurs peuvent augmenter de manière importante le coût ainsi que les délais de fabrication du circuit intégré.

Il existe à ce jour des techniques permettant de réparer directement au niveau du masque des erreurs de dessin, telles que celles décrites dans les documents [1], [2], [3], référencés à la fin de la présente description.

Les pertes en termes d'argent et de temps qu'impliquent des erreurs de dessin, faites sur un ou plusieurs lots de circuits intégrés en cours de fabrication, restent cependant importants même lorsqu'on effectue une réparation directement au niveau du masque.

En effet, les techniques consistant à effectuer une réparation au niveau du masque ne permettent généralement pas de réparer des lots erronés. D'autre part, pendant la réparation du masque d'autres lots en cours de fabrication et nécessitant l'emploi dudit masque peuvent se retrouver bloqués dans leur cycle fabrication.

**EXPOSÉ DE L'INVENTION**

La présente invention concerne un procédé permettant de corriger des dessins erronés dans une couche mince réalisés, par exemple par photolithographie, à l'aide d'un masque comportant un défaut de fabrication ou/et un défaut de conception.

Elle permet de corriger ces dessins, sans utiliser de nouveau masque ni avoir besoin de corriger le masque défectueux.

Elle propose une solution simple, permettant une réduction de pertes de temps et de coûts induits par de telles erreurs de dessin faites sur des circuits intégrés d'une chaîne de fabrication.

Contrairement aux techniques antérieures, l'invention permet par ailleurs de réutiliser des circuits intégrés en cours de fabrication comportant des erreurs de dessin.

L'invention concerne d'abord un procédé de correction d'un dessin formé dans une première couche mince, comprenant au moins une première sous couche gravée ou partiellement gravée comportant ledit dessin erroné, par exemple une sous-couche sacrificielle ou de masque dur, et au moins une deuxième sous-couche située entre le substrat et la première sous-couche, comportant les étapes de :

a) dépôt d'une seconde couche mince sur ladite première couche mince,

b) gravure directe, ou lithographie à écriture directe, dans ladite seconde couche mince, en fonction de la correction souhaitée,



c) gravure ou gravure au moins partielle de la deuxième sous-couche à travers la première sous-couche.

On entend par dessin, un ensemble de motifs sous forme d'un ou plusieurs trous ou/et une ou plusieurs tranchées.

Dans la seconde couche mince, on forme donc, par gravure directe et sans utiliser de masque intermédiaire, des éléments correctifs permettant la correction du dessin erroné.

Ensuite, on effectue la gravure de la deuxième sous-couche à travers la première sous-couche.

Une erreur de dessin dans la première couche mince peut être due à un ou plusieurs motifs manquants sur le dessin.

Dans ce cas, l'invention permet d'ajouter un ou plusieurs motifs manquants, comportant la reproduction, par l'étape b), des motifs manquants dans la seconde couche mince.

Par gravure on peut ensuite transférer, dans la première sous-couche, les motifs ajoutés dans la seconde couche mince.

La première sous-couche peut être gravée après l'étape b) et avant l'étape c), et la seconde couche mince peut être retirée après cette étape de gravure supplémentaire.

Ainsi, une fois que l'ajout de motifs a été réalisé dans la première sous-couche, celle-ci permet de reproduire les motifs dans la deuxième sous-couche, et la première sous-couche peut alors être retirée.

Une erreur de dessin dans la première couche mince peut être due à un ou plusieurs motifs en excédent sur le dessin. Dans ce cas, le procédé suivant l'invention permet la suppression de un ou plusieurs motifs en excédent, l'étape b) permettant de former des blocs comblant ces motifs en excédent.

Une erreur de dessin dans une couche mince peut être due à un ou plusieurs motifs manquants sur le dessin et à un ou plusieurs autres motifs en excédent sur le dessin. l'invention permettant alors d'ajouter un ou plusieurs motifs manquant, puis de supprimer un ou plusieurs motifs en excédent.

Le procédé selon l'invention peut alors comporter, après l'étape b) et avant l'étape c) :

- un retrait de la deuxième couche mince, un dépôt d'une troisième couche mince sur la première sous-couche, une seconde étape de gravure dans la troisième couche mince laissant des blocs comblant les motifs en excédent,

- ou, alternativement, une gravure directe, ou une lithographie à écriture directe, à nouveau dans la seconde couche mince, laissant des blocs comblant les motifs en excédent.

Dans l'un ou l'autre cas, on pourra, après l'étape c), retirer soit la troisième couche mince, soit la première sous-couche.

Les deux sous-couches constituant la première couche mince peuvent être réalisées à base de deux matériaux différents, chacun de ces deux matériaux pouvant être conducteur, semi-conducteur ou isolant.

L'invention concerne également un procédé de correction d'un dessin erroné réalisé dans une première couche mince au moins partiellement gravée, comportant les étapes de :

5 a) dépôt d'une seconde couche mince sur ladite première couche mince

b) gravure directe, ou lithographie à écriture directe, dans ladite seconde couche mince, en fonction de la correction souhaitée,

10 c) gravure de la première couche à travers la deuxième couche.

L'étape b) peut comporter la reproduction dans la seconde couche mince des motifs manquants, la seconde couche mince pouvant être retirée après l'étape  
15 c).

La seconde et/ou la troisième couche mince peut être par exemple une couche diélectrique ou une couche de résine éventuellement photosensible et à tonalité positive ou négative que l'on dépose sur la  
20 première couche mince.

Les étapes de gravure peuvent être réalisées grâce à un faisceau optique ou à un faisceau de particules, par exemple un faisceau de rayons X, ou un faisceau laser, ou un faisceau de protons, ou un  
25 faisceau d'ions, ou un faisceau d'électrons.

Un tel faisceau peut être piloté à l'aide d'un dispositif numérique mémorisant des bases de données de correction, préparées en fonction des corrections à effectuer.

L'invention concerne également un procédé de correction d'un dessin erroné réalisé dans une première couche mince au moins partiellement gravée, comportant les étapes de :

5 a) dépôt d'une seconde couche mince sur ladite première couche mince

b) gravure directe, ou lithographie à écriture directe, dans ladite seconde couche mince, en fonction de la correction souhaitée,

10 c) gravure de la première couche à travers la deuxième couche.

L'étape b) peut comporter la reproduction dans la seconde couche mince des motifs manquants, la seconde couche mince pouvant être retirée après l'étape c).

15 La seconde et/ou la troisième couche mince peut être par exemple une couche diélectrique ou une couche de résine éventuellement photosensible et à tonalité positive ou négative que l'on dépose sur la première couche mince.

20 Les étapes de gravure peuvent être réalisées grâce à un faisceau optique ou à un faisceau de particules, par exemple un faisceau de rayons X ou UV, ou un faisceau laser, ou un faisceau de protons, ou un faisceau d'ions, ou un faisceau d'électrons.

25 Un tel faisceau peut être piloté à l'aide d'un dispositif numérique mémorisant des bases de données de correction, préparées en fonction des corrections à effectuer.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement  
5 limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels:

- les figures 1A-1B représentent une couche de matériau dans laquelle on souhaite réaliser des motifs,
- 10 - les figures 2, 4, 6 et 8 représentent une couche de matériau dans laquelle un motif erroné est réalisé ou manque,
- les figures 3A-3F, illustrent un exemple de procédé suivant l'invention permettant la correction  
15 par ajouts de motifs,
- les figures 5A-5B, illustrent un autre exemple de procédé suivant l'invention permettant la correction par ajouts de motifs,
- les figures 7A-7B, illustrent un exemple  
20 de procédé suivant l'invention permettant la correction par suppressions de motifs,
- les figures 9A-9D, illustrent un exemple de procédé suivant l'invention permettant la correction par ajouts puis suppressions de motifs.

25 Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur  
30 les figures ne le sont pas nécessairement selon une

échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

La figure 1A illustre une couche mince vue  
5 de dessus dans laquelle on souhaite réaliser des motifs  
notés  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , sous forme de motifs en creux (dont  
les contours sont représentés en pointillés sur la  
figure), par exemple de trous d'interconnexion, ou de  
tranchées susceptibles d'être remplies par la suite,  
10 par un matériau semi-conducteur, ou conducteur ou  
diélectrique. Cette couche mince sera nommée couche  
technologique et notée 110. Elle repose sur un  
substrat, par exemple un substrat en silicium (non  
représenté sur la figure 1A). L'ensemble des motifs  $M_1$ ,  
15  $M_2$ ,  $M_3$ , formera un dessin D.

La couche technologique peut être de nature  
organique ou minérale, elle peut être conductrice ou  
semi-conductrice ou isolante et peut avoir une  
épaisseur comprise par exemple entre 1 nanomètre et  
20 10 micromètres.

La couche technologique 110 illustrée sur  
la figure 1A, est par exemple une couche à base de TeOS  
de 600 nanomètres d'épaisseur.

La figure 1B illustre une vue en coupe de  
25 cette même couche technologique 110 reposant sur le  
substrat 100. Les motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , que l'on souhaite  
réaliser sous forme de motifs en creux dans la couche  
technologique 110 sont également illustrés par des  
contours en pointillés.

Pour réaliser les motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , dans la couche technologique 110, une première méthode consiste par exemple à former tout d'abord ces motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , par photolithographie dans une couche que l'on appellera couche sacrificielle, déposée préalablement sur la couche technologique. Ensuite, il s'agit de transférer les motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , dans la couche technologique 110 par exemple par gravure de cette dernière à travers la couche sacrificielle.

La figure 2 illustre la couche technologique 110 reposant sur le substrat 100 et recouverte en outre par une couche sacrificielle 120 ajourée dans laquelle on a voulu former lesdits motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , par un procédé de photolithographie faisant appel à un masque.

La couche sacrificielle peut être de nature organique ou minérale, elle peut être conductrice ou semi-conductrice ou isolante et peut avoir une épaisseur comprise par exemple entre 1 nanomètre et 10 micromètres. La couche sacrificielle 120 illustrée sur la figure 2 est par exemple une couche à base de TiN de 50 nanomètres d'épaisseur.

Suite audit procédé de photolithographie, la couche sacrificielle 120 illustrée sur la figure 2 est gravée selon un dessin erroné noté  $D'$  différent du dessin  $D$  que l'on souhaitait réaliser et auquel manque le motif  $M_2$ .  $D'$  peut provenir d'un masque, utilisé lors du procédé de photolithographie et qui comportait lui-même des défauts.

Ainsi, le motif  $M_2$  manque dans la couche sacrificielle 120, à un emplacement 200, illustré en hachures sur la figure 2.

Un premier exemple de procédé suivant  
5 l'invention est illustré aux figures 3A-3H. Il permet de corriger le dessin erroné D' auquel manque un motif.

Le procédé permet ainsi d'ajouter le motif manquant dans la couche sacrificielle sans employer de nouveau masque.

10 Lors d'une première étape de ce procédé illustrée sur la figure 3A, on dépose, sur la couche sacrificielle 120, une couche 300 par exemple à base de résine ou de polymère. Cette couche 300 peut être sensible à un rayonnement par exemple électronique,  
15 ionique ou photonique. La couche 300 peut être par exemple une couche de résine, par exemple à tonalité positive telle qu'une résine TiS193UL ® de la société Archechemical, ou une résine NOVOLAC ®, ou une résine PHS ®. Selon une variante, la couche 300 peut également  
20 formée d'un empilement de plusieurs sous-couches, par exemple d'une première sous-couche à base de résine non photosensible surmontée d'une deuxième sous-couche sensible à un rayonnement par exemple électronique, ionique ou photonique.

25 Ensuite, on effectue une étape de lithographie à écriture directe de cette couche 300, sans utiliser de masque intermédiaire, et en fonction du dessin erroné D'. Cette étape de lithographie à écriture directe permet de former un élément correctif  
30  $C_1$  dans la couche 300. L'élément correctif  $C_1$  sera réalisé dans la couche 300, après révélation, et



prendra dans ce cas, une forme identique au motif  $M_2$  manquant dans la couche sacrificielle 120.

L'élément correctif  $C_1$  peut être formé et  
5 placé sur la couche de résine 300, en fonction à la fois du dessin erroné  $D'$  dans la couche sacrificielle 120 et du dessin  $D$  original. En effet, la lithographie à écriture directe peut être réalisée par exemple par un appareil de lithographie utilisant un fichier  
10 informatique indiquant à l'appareil de lithographie des informations comportant la forme ainsi que l'emplacement de l'élément correctif à réaliser. Le fichier peut être issu, par exemple, d'une base de données et peut résulter d'un traitement dans lequel  
15 une comparaison entre le dessin  $D$  original et le dessin erroné  $D'$  est effectué.

La lithographie peut être réalisée grâce à un faisceau 310, de particules ou optique, au moyen duquel on expose certaines parties de la couche de  
20 résine 300 pour réaliser l'élément correctif  $C_1$ .

Le faisceau 310 peut être par exemple un faisceau laser, ou un faisceau de rayons X, ou un faisceau d'électrons, ou un faisceau d'ions, ou un faisceau de protons.

25 Après exposition au faisceau 310 de la couche de résine 300, on développe cette dernière. Les parties de la couche de résine 300 exposées au faisceau 310 sont révélées et disparaissent pour former l'élément correctif  $C_1$  qui a une forme identique au  
30 motif  $M_2$  manquant dans la sous-couche sacrificielle 120 (figure 3B). La gravure directe définit des zones

surmontées de parties de la couche 300 et d'autres zones ne comportant pas de parties de la couche 300.

Puis (figure 3C), on effectue le transfert de l'élément correctif  $C_1$  dans la couche sacrificielle 120. Le transfert peut être effectué par gravure chimique ou par bombardement de particules, par exemple une gravure plasma ou une gravure chimique par voie humide de la couche sacrificielle 120 à travers la couche de résine 300. La couche sacrificielle 120 comporte alors le motif  $C_1$ . Ce motif correspond au motif  $M_2$  que l'on souhaitait ajouter dans la couche sacrificielle.

Ensuite, on retire la couche de résine 300. La couche sacrificielle comprend alors les motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , et par conséquent le dessin D (figure 3D).

Puis, par gravure, par exemple par gravure chimique ou plasma de la couche technologique 110 à travers la couche sacrificielle 120, on transfère les motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , dans la couche technologique 110 (figure 3E).

On retire enfin la couche sacrificielle 120 (figure 3F). Le retrait de la couche sacrificielle 120 peut être effectué par gravure sèche par exemple un plasma à base d'un gaz réactif à cette couche 120. Il peut être effectué également effectué par gravure humide par exemple à l'aide d'une solution à base de  $H_2O_2$  et de  $H_2SO_4$  dans le cas où la couche sacrificielle 120 est de nature organique. Eventuellement, le retrait peut également, être effectué par une combinaison d'une gravure chimique humide suivie d'une gravure plasma.

Le procédé suivant l'invention n'est pas limité à la correction ou à l'ajout d'un seul motif : Il permet d'ajouter autant de motifs que nécessaire à une couche mince gravée selon un dessin erroné, par exemple suite  
5 à un procédé de photolithographie.

Le procédé ci-dessus s'applique au cas où une couche sacrificielle est utilisée au dessus de la couche technologique.

Mais, pour réaliser des motifs tels que les motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , illustrés sur la figure 1A et 1B dans  
10 une couche mince telle que la couche technologique 110, une méthode consiste à former ces motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ , par photolithographie, directement dans cette couche technologique 110 et sans utiliser de couche  
15 sacrificielle intermédiaire.

La figure 4 illustre cette couche technologique 110 ajourée, par exemple par photolithographie, ayant nécessité l'emploi d'un masque, et grâce à laquelle on a voulu former lesdits  
20 motifs  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ .

Une erreur, par exemple, de conception ou de fabrication du masque utilisé lors du procédé de photolithographie a entraîné la formation d'un dessin erroné  $D'$  directement dans la couche technologique 110,  
25 différent du dessin  $D$  que l'on souhaitait réaliser.

Ainsi, le motif  $M_2$  est manquant dans la couche technologique 110, l'emplacement de ce motif  $M_2$  manquant étant indiqué par des hachures et par la référence 400 sur la figure 4.

30 Un second exemple de procédé suivant l'invention est illustré sur les figures 5A-5B, et

permet de corriger le dessin erroné D', réalisé dans la couche technologique et auquel manque un motif.

Cet exemple de procédé suivant l'invention permet ainsi d'ajouter le motif manquant dans la couche  
5 technologique sans employer de nouveau masque.

Lors d'une première étape de ce procédé, on dépose une couche de résine 300 par exemple une couche de résine photosensible à tonalité positive.

Ensuite, on effectue une lithographie à  
10 écriture directe de la couche de résine 300, c'est-à-dire sans utiliser de masque intermédiaire. La lithographie est réalisée en fonction du dessin erroné D' dans la couche technologique 110 et du dessin D souhaité dans cette même couche. Elle permet de  
15 réaliser un élément correctif C<sub>1</sub> dans la couche de résine 300. Dans cet exemple, l'élément correctif est identique au motif M<sub>2</sub> manquant sur le dessin D'.

La lithographie peut être effectuée par un faisceau, de particules ou optique, au moyen duquel on  
20 expose certaines parties de la couche de résine 300 pour former l'élément correctif C<sub>1</sub>. Le faisceau peut être par exemple un faisceau laser, ou un faisceau de rayons X, ou un faisceau d'électrons ou un faisceau d'ions ou encore un faisceau de protons.

25 Après exposition de la couche de résine 300, on développe cette dernière. Les parties de la couche de résine 300 exposées au faisceau disparaissent pour produire, dans la couche technologique 110, l'élément ou motif correctif C<sub>1</sub> ayant une forme  
30 identique au motif M<sub>2</sub> (figure 5A).

Ensuite, on transfère l'élément correctif  $C_1$  dans la couche technologique 110 en effectuant une gravure, par exemple une gravure plasma ou une gravure chimique de cette dernière à travers la couche de  
5 résine 300. La couche technologique 110 comporte alors un motif en creux, qui correspond au motif  $M_2$  manquant que l'on souhaitait ajouter.

On retire ensuite la couche de résine 300. La couche technologique 110 comprend alors les motif  
10  $M_1$ ,  $M_2$ , et  $M_3$  formant le dessin D complet (figure 5B).

Le procédé suivant l'invention n'est pas limité à la correction d'un seul motif dans une couche mince comme dans l'exemple précédemment décrit. Il permet en effet d'ajouter autant de motifs que  
15 nécessaire dans une couche mince gravée et à laquelle manquent certains motifs.

La figure 6 illustre un substrat 600, par exemple en silicium et recouvert par une couche mince 610 que l'on nommera couche technologique dans laquelle  
20 on souhaite réaliser un motif  $M_4$  par exemple sous forme d'un creux, par exemple une tranchée illustrée par des contours en pointillés. La couche technologique 610 peut être de nature organique ou minérale, elle peut être conductrice ou semi-conductrice ou isolante. C'est  
25 par exemple une couche métallique à base de TiN ou par encore une couche diélectrique de faible constante diélectrique, ou encore une couche de polysilicium servant à la réalisation des grilles de transistors.

Pour réaliser le motif  $M_4$  dans la couche  
30 technologique 610, une première méthode peut consister à former tout d'abord ce motif  $M_4$  par photolithographie

d'une couche 620, que l'on appellera couche sacrificielle, déposée sur la couche technologique 610.

Suite à une erreur, par exemple de conception ou de fabrication d'un masque utilisé lors  
5 dudit procédé de photolithographie, la couche sacrificielle 620 illustrée sur la figure 6 comporte le motif  $M_1$  mais aussi un motif erroné  $M'_1$ , en excédent, sous forme d'un trou ou d'une tranchée.

L'exemple de procédé suivant l'invention  
10 illustré sur les figures 7A-7C, permet de corriger ce motif  $M'_1$  réalisé en excédent et de réaliser uniquement le bon motif dans la couche technologique, ceci sans employer de nouveau masque.

Lors d'une première étape, on dépose une  
15 couche de résine 700 sur la couche sacrificielle 620.

Ensuite, on effectue une étape de lithographie à écriture directe de la couche de résine 700, c'est-à-dire sans utiliser de masque intermédiaire. La lithographie est réalisée en fonction  
20 du dessin erroné  $D'$  formé dans la couche sacrificielle 620. L'étape de lithographie à écriture directe permet de réaliser un élément correctif  $C_2$  dans la couche de résine 700. Cet élément correctif  $C_2$  prend, dans ce cas, la forme d'un bloc de résine venant combler le  
25 motif erroné  $M'_1$  sous forme de trou ou de tranchée dans la couche sacrificielle 620. .

La lithographie peut être réalisée grâce à un faisceau, de particules ou optique, au moyen duquel on expose certaines parties de la couche de résine 700  
30 pour réaliser l'élément correctif  $C_2$ .

Ledit faisceau peut être par exemple un faisceau de rayons X ou un faisceau d'électrons.

Après exposition par le faisceau de la couche de résine 700, on développe cette dernière. Les parties de la couche de résine 300 exposées au faisceau 310 disparaissent. Seul reste l'élément correctif  $C_2$ , qui prend la forme du bloc de résine, et qui vient combler le motif  $M'_1$  en excédent dans la sous-couche sacrificielle 620 (figure 7A).

On effectue ensuite (figure 7B) le transfert uniquement du motif  $M_4$  exact, par exemple par gravure, par exemple encore une gravure plasma ou une gravure chimique de la couche technologique 620 à travers la couche de sacrificielle 610.

Le motif erroné  $M'_1$  de la couche sacrificielle 610 étant comblé par le bloc de résine 700, seul le motif  $M_4$  est transféré dans la couche technologique 610. On retire ensuite la couche sacrificielle.

Le procédé suivant l'invention n'est pas limité à la correction d'un motif unique comme dans l'exemple précédemment décrit : il permet en effet de supprimer autant de motifs en excédent que nécessaire.

La figure 8 illustre un substrat 800, par exemple en silicium et recouvert par une couche mince notée 810, que l'on nommera couche technologique et, dans laquelle on souhaite réaliser des motifs  $M_5$  et  $M_6$  qui prendront par exemple la forme de trous ou de tranchées et qui sont illustrés sur la figure 8 par des contours en pointillés.

La couche technologique peut être conductrice ou semi-conductrice ou isolante et avoir une épaisseur comprise par exemple entre 1 nanomètre et 10 micromètres. La couche technologique 810 est par exemple une couche diélectrique de constante diélectrique faible (« low-k » selon la terminologie anglo-saxonne »).

Pour réaliser les motifs  $M_5$  et  $M_6$  dans cette couche technologique 810, une méthode consiste à former tout d'abord ces motifs  $M_5$  et  $M_6$  par un procédé de photolithographie d'une autre couche mince notée 820, que l'on appellera couche sacrificielle, et qui est déposée sur la couche technologique 810. La couche sacrificielle 820 est par exemple une couche à base de nitrure ou d'oxyde de silicium.

Suite à une erreur, par exemple de conception ou de fabrication d'un masque utilisé lors dudit procédé de photolithographie, la couche sacrificielle 820 illustrée sur la figure 8 est gravée selon un dessin erroné comportant le motif  $M_5$  mais auquel manque le motif  $M_6$ . Ce dessin erroné comporte en outre un motif erroné  $M'_2$  en excédent dans la couche sacrificielle 820 et qui prend par exemple la forme d'un trou ou d'une tranchée.

Un exemple de procédé suivant l'invention permettant de corriger un tel dessin réalisé dans une couche mince gravée telle que la couche sacrificielle 820, dans lequel certains motifs sont en excédent et auquel certains motifs manquent va à présent être décrit. Il est illustré par les figures 9A-9C.



Lors d'une première étape de ce procédé, on dépose une première couche de résine 900 sur la couche sacrificielle 820. La couche de résine 900 peut être par exemple une résine photosensible à tonalité  
5 positive

Ensuite, on effectue une première étape de lithographie à écriture directe de la couche de résine 900, c'est-à-dire sans utiliser de masque intermédiaire. Cette première étape de lithographie à  
10 écriture directe permet de former un premier élément correctif noté  $C_3$  dans la couche de résine 900 sous forme d'une lumière identique au motif  $M_6$  manquant.

La lithographie à écriture directe peut être réalisée grâce à un faisceau de particules ou un  
15 faisceau optique au moyen duquel on expose certaines parties de la couche de résine 900 pour former l'élément correctif  $C_3$ . Ledit faisceau peut être par exemple un faisceau de rayons X, un faisceau laser, un faisceau d'électrons, un faisceau d'ions, un faisceau  
20 de protons. Après exposition par le faisceau de la couche de résine 900, on développe cette dernière. Les parties de la couche de résine 900 exposées au faisceau disparaissent pour former l'élément correctif  $C_3$ .

Ensuite, on effectue une gravure de la  
25 couche sacrificielle 820 à travers la couche de résine 900. La gravure permet de transférer, dans la couche sacrificielle, l'élément correctif  $C_3$ . La couche sacrificielle 820 comporte alors le motif  $M_6$  manquant sous forme de tranchée ou d'un trou (figure 9A).

30 Ensuite, on retire la première couche de résine 900 puis on dépose une seconde couche de résine

950 par exemple une couche de résine photosensible à tonalité négative.

Ensuite, on effectue une seconde étape de lithographie à écriture directe de la seconde couche de résine 950, sans utiliser de masque intermédiaire (figure 9C). Cette seconde étape de lithographie à écriture directe permet de préparer la formation d'un second élément correctif dans la couche de résine 950 sous forme d'un bloc de résine  $C_4$  venant combler le motif  $M'_2$  erroné qui a la forme d'un trou ou d'une tranchée en excédent dans la couche sacrificielle 820. La lithographie à écriture directe peut être réalisée grâce au même faisceau de particules ou optique que celui utilisé lors de la première étape de lithographie à écriture directe. A l'aide de ce faisceau, on expose certaines parties de la couche de résine 950.

Après exposition par le faisceau de la couche de résine 950, on développe cette dernière. Les parties exposées au faisceau 310 de la couche de résine 950 disparaissent. L'élément correctif  $C_4$  sous forme d'un bloc de résine comblant le motif  $M'_2$  est ainsi réalisé

Puis, on effectue une gravure de la couche technologique 820 à travers la couche de résine 950, gravure au cours de laquelle on ne transfère que les motifs  $M_5$  et  $M_6$ .

Quelque soit le mode de réalisation décrit ci-dessus, les étapes de photolithographie peuvent être réalisées par pilotage d'une machine de lithographie à l'aide de bases de données permettant la correction souhaitée.

Un exemple d'opérations logiques permettant de réaliser une telle base de données va être présenté ci-dessous.

Il s'agit en fait d'établir un fichier  
5 informatique standard reproduisant les corrections à effectuer.

Pour obtenir les fichiers permettant les corrections d'addition et de soustraction, on utilise un logiciel de traitement permettant d'effectuer tous  
10 types d'opérations booléennes et également la fracturation de la base finale pour la mise des données sous format directement utilisable par le faisceau de gravure.

On part de deux fichiers, A et B, le  
15 fichier A correspondant au dessin erroné et le fichier B au dessin corrigé souhaité.

Pour ce qui concerne les motifs à ajouter, une opération booléenne de soustraction entre les deux fichiers a pour résultat de ne conserver que les motifs  
20 ajoutés dans le fichier B et qui n'étaient pas dans le fichier A erroné.

Le nouveau fichier est exploitable par le faisceau de gravure et permet ainsi d'ajouter directement sur la plaquette, de manière sélective, des  
25 motifs manquants.

Pour ce qui concerne les motifs en excédent, à retirer, l'opération booléenne de soustraction permet cette fois ci de ne conserver que les motifs présents uniquement dans le fichier A et que  
30 l'on souhaite faire disparaître au final. Après ce traitement, on peut effectuer une opération

d'ajustement afin de grandir les bords et d'assurer le recouvrement total du motif à faire disparaître lors du traitement technologique : on s'affranchit ainsi des problèmes de désalignement potentiels induits par le  
5 procédé. La taille de l'ajustement dépend de l'environnement des autres motifs dans le dessin final et des performances d'alignement du procédé lithographique utilisé.

Lorsque les motifs sont à ajouter et des  
10 motifs sont à supprimer, deux bases de données sont préparées, discrétisant les deux opérations logiques pour obtenir une réparation globale.

Un dispositif numérique, par exemple un microordinateur, va pouvoir mémoriser les bases de  
15 données de correction établies de la manière indiquée ci-dessus, et piloter les moyens ou la machine de gravure pour effectuer ces corrections.

#### Documents cités

20

[1] : B. Ward et al., Proc. SPIE, vol. 537, 110-6, 1985.

[2] : US 4,751,169

[3] : EP 0 200 333.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de correction d'un dessin  
erroné réalisé dans une première couche mince  
5 comprenant au moins une première sous-couche (120, 620,  
820) gravée comportant ledit dessin erroné et au moins  
une deuxième sous-couche (110, 610, 810) située entre  
un substrat (100, 600, 800) et la première sous-couche,  
le procédé comportant les étapes de :

- 10 a) dépôt d'une seconde couche mince (300,  
700, 900) sur ladite première couche mince  
b) gravure directe dans ladite seconde  
couche mince, en fonction de la correction souhaitée,  
c) gravure de la deuxième sous-couche (110,  
15 610, 810) à travers première sous-couche (120, 620,  
820) .

2. Procédé de correction selon la  
revendication 1, la correction consistant en un ajout  
20 d'un ou plusieurs motifs ( $M_2$ ) .

3. Procédé de correction selon l'une des  
revendications 1 ou 2, dans lequel un ou plusieurs  
motifs ( $M_2$ ) manquent audit dessin, l'étape de gravure  
25 directe comprenant la reproduction dans ladite seconde  
couche mince (300, 900) des motifs manquant.

4. Procédé de correction selon l'une des  
revendications 1 à 3, comprenant en outre la gravure de  
30 la première sous-couche (120) à travers la seconde

couche mince (300) après l'étape b) et préalablement à l'étape c).

5                    5. Procédé de correction selon la revendication 4, comprenant en outre le retrait de la seconde couche mince (300) après l'étape de gravure de la première sous-couche (120) à travers la seconde couche mince (300) et préalablement à l'étape c).

10                   6. Procédé de correction selon la revendication 1, la correction consistant en un retrait d'un ou plusieurs motifs ( $M'_1$ ).

15                   7. Procédé de correction selon la revendication 6, dans lequel un ou plusieurs motifs ( $M'_1$ ) sont en excédent, l'étape de gravure directe dans ladite seconde couche mince (700) laissant un ou plusieurs blocs ( $C_2$ ) comblant lesdits motifs en excédent.

20                   8. Procédé de correction selon la revendication 1, la correction consistant à un ajout d'un ou plusieurs motifs manquants ( $M_6$ ) puis à une suppression d'un ou plusieurs autres motifs en excédent  
25                   ( $M'_2$ ).

                    9. Procédé de correction selon la revendication 8, comprenant, après l'étape b) et préalablement à l'étape c), les étapes de :

30                   - gravure de la première sous-couche (820) à travers la seconde couche mince (900)

- retrait de la seconde couche mince (900)  
- dépôt d'une troisième couche mince (950)  
sur la première sous-couche (820).

5 - seconde gravure directe dans ladite  
troisième couche mince (950) laissant des blocs  
comblant (C<sub>4</sub>) lesdits motifs en excédent.

10 10. Procédé selon la revendication 9, la  
troisième couche mince (950) étant une couche  
diélectrique.

15 11. Procédé selon la revendication 10, la  
troisième couche mince (950) étant une couche de résine  
ou de polymère.

12. Procédé selon l'une des revendications  
9 à 11, la troisième couche mince (950) étant une  
couche de résine photosensible à tonalité positive ou  
négative.

20 13. Procédé selon l'une des revendications  
9 à 12, comprenant le retrait de la troisième couche  
mince (950) après l'étape c).

25 14. Procédé de correction selon l'une des  
revendications 1 à 13, comprenant en outre le retrait  
de la première sous-couche (820) après l'étape c) de  
gravure de la deuxième sous-couche (810) à travers  
première sous-couche.

30

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel la première sous-couche (120, 620, 820) est à base d'un premier matériau conducteur, ou semi-conducteur, ou isolant et la deuxième sous-couche (110, 610, 810) située entre le substrat (100, 600, 800) et la première sous-couche est à base d'un second matériau conducteur, ou semi-conducteur ou isolant différent du premier matériau.

16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, dans lequel la première sous-couche (120, 620, 820) est une couche sacrificielle.

17. Procédé de correction d'un dessin erroné réalisé dans une première couche mince (110) au moins partiellement gravée, comportant les étapes de :

- a) dépôt d'une seconde couche mince (300) sur ladite première couche mince (110)
- b) gravure directe dans ladite seconde couche mince (300), en fonction de la correction souhaitée,
- c) gravure de la première couche mince (110) à travers seconde couche mince (300).

18. Procédé de correction d'un dessin erroné auquel manque un ou plusieurs motifs ( $M_3$ ) selon la revendication 17, l'étape de gravure directe comprenant la reproduction dans ladite seconde couche mince des motifs manquant.



19. Procédé de correction d'un dessin selon l'une des revendications 17 ou 18, comprenant en outre le retrait de la seconde couche mince (300) après l'étape de gravure de la première couche mince (110) à travers seconde couche mince (300).

20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, la seconde couche mince (300, 700, 900) étant une couche diélectrique.

10

21. Procédé selon l'une des revendications 1 à 20, la seconde couche mince (300, 700, 900) étant une couche de résine ou polymère.

15

22. Procédé selon l'une des revendications 1 à 21, les étapes de gravure étant réalisées par un faisceau de particules ou un faisceau optique.

20

23. Procédé selon la revendication 22, la le faisceau étant choisi parmi les faisceaux suivants : faisceau d'ions, faisceau d'électrons, faisceau de protons, faisceau de rayons X, faisceau laser, faisceau de rayons UV.

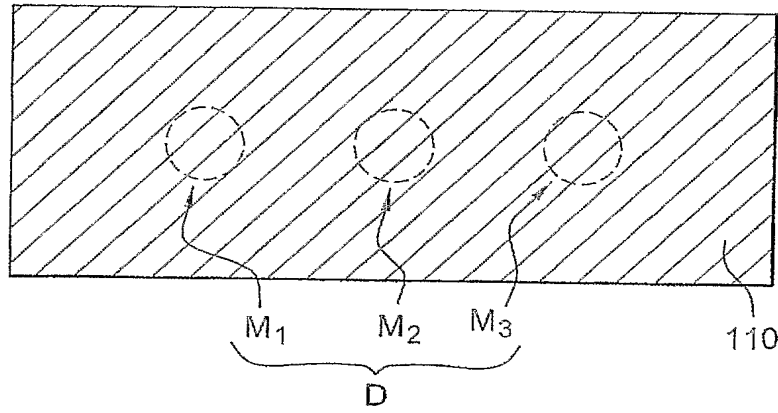


Fig. 1A

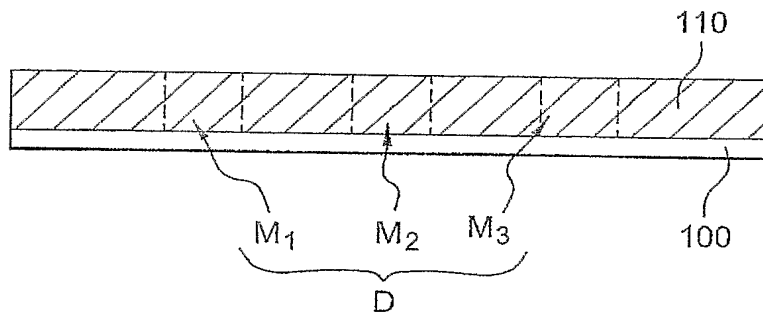


Fig. 1B

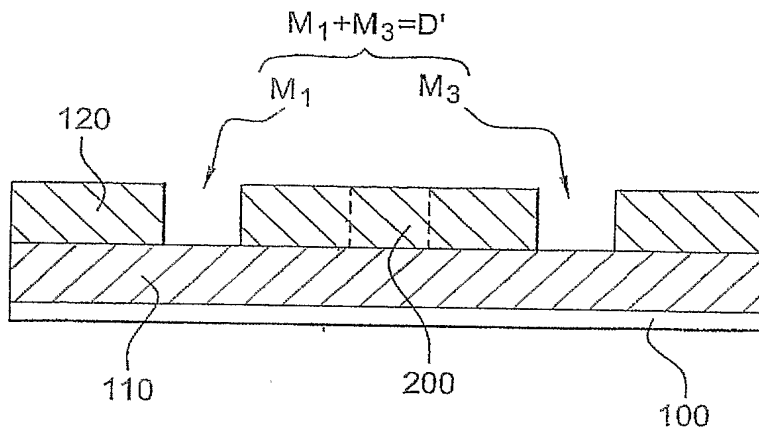


Fig. 2

2 / 7

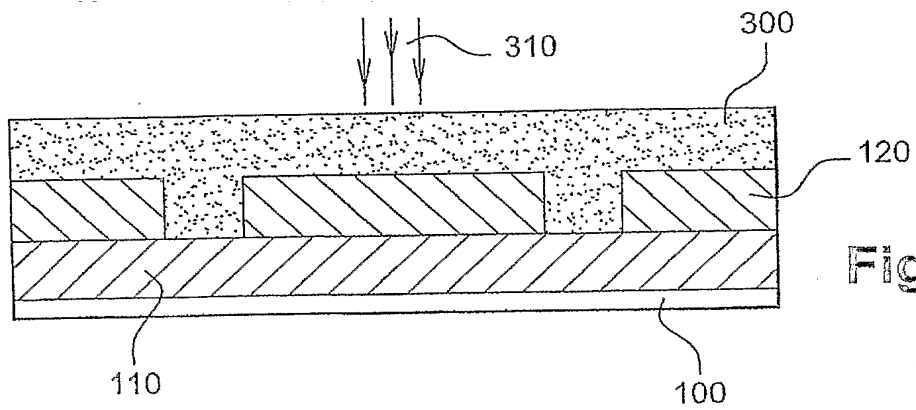


Fig. 3A

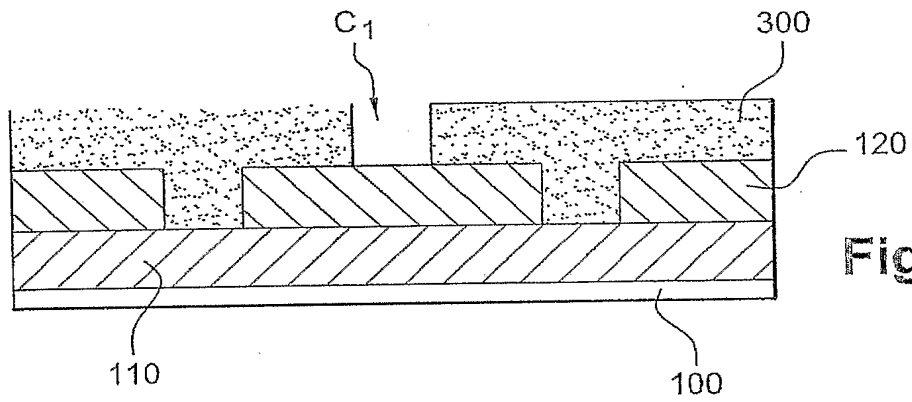


Fig. 3B

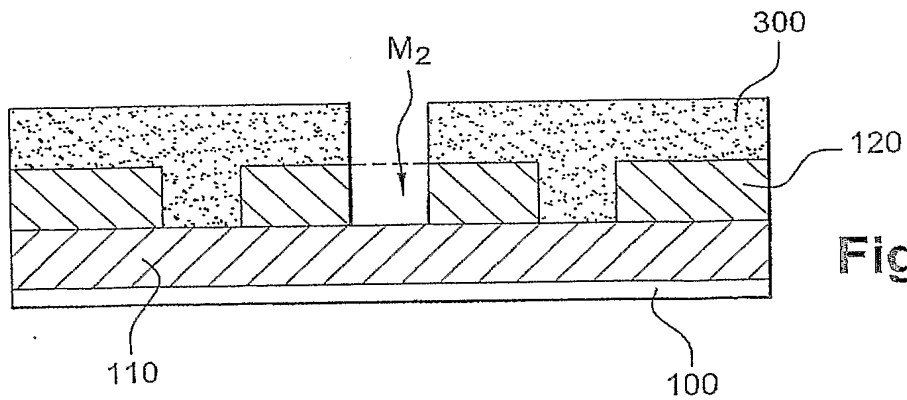
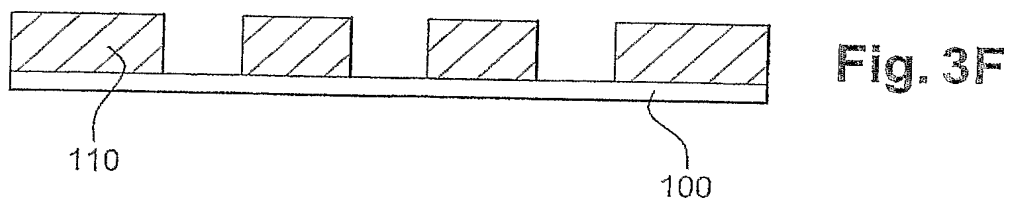
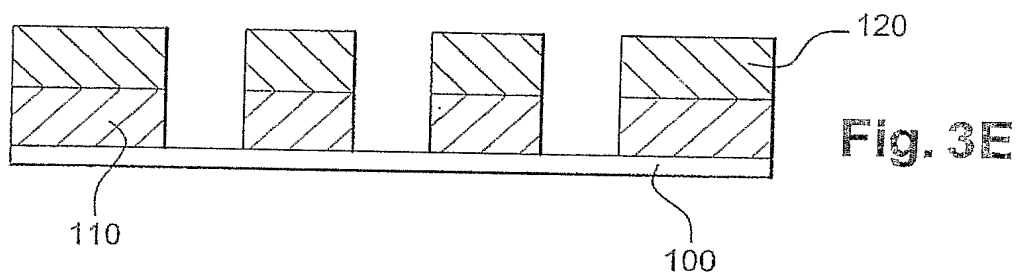
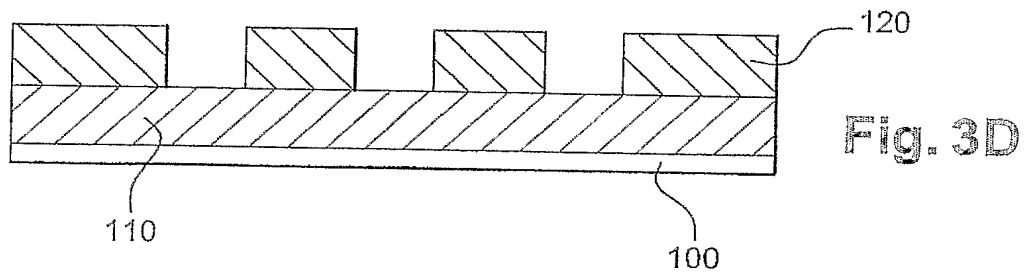


Fig. 3C



4 / 7

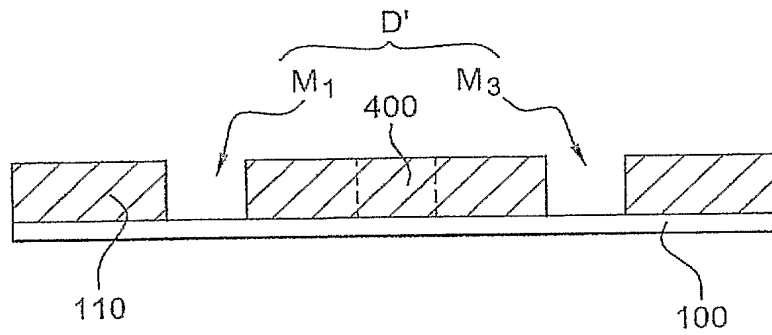


Fig. 4

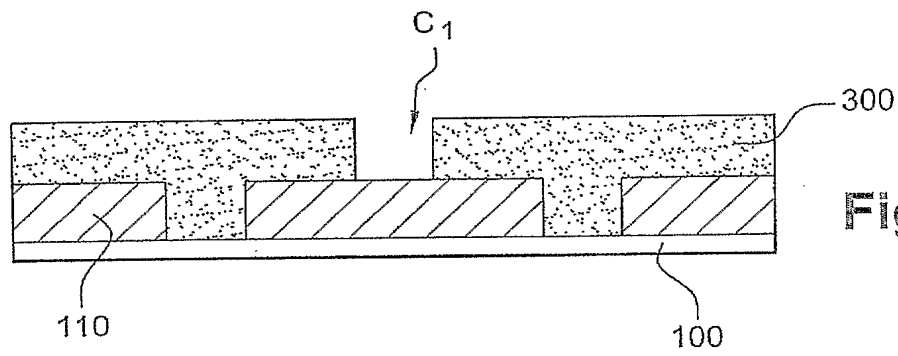


Fig. 5A

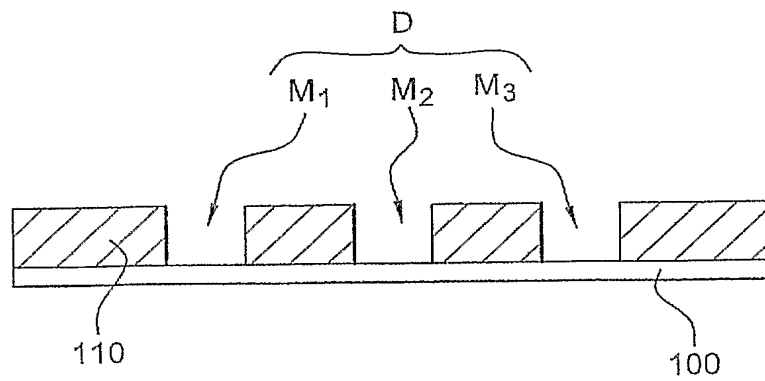


Fig. 5B

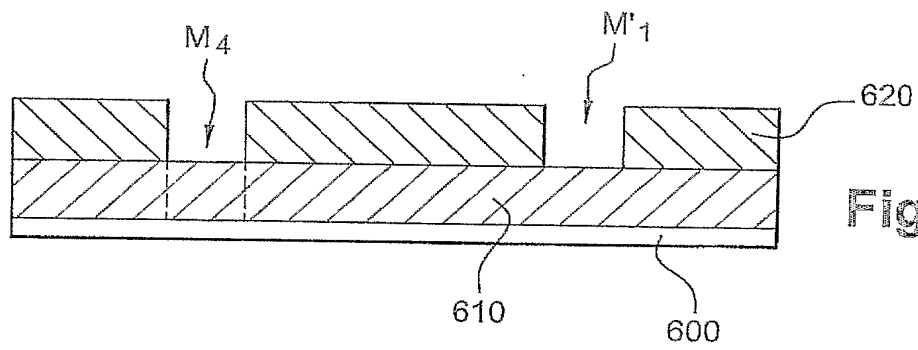


Fig. 6

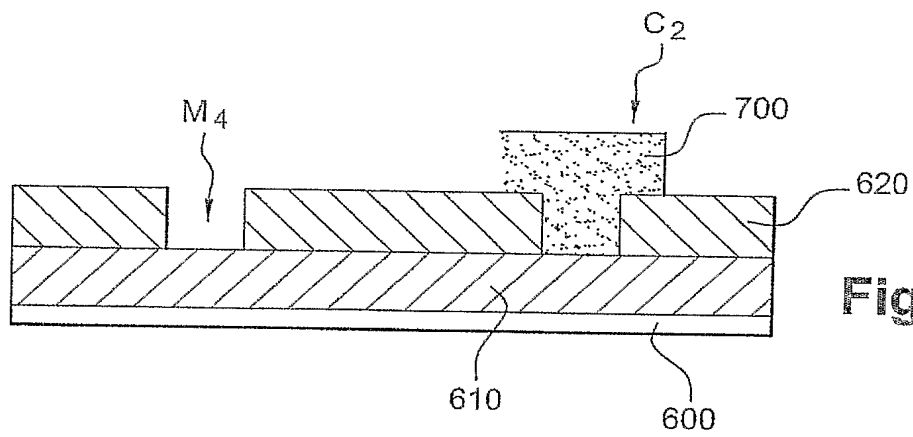


Fig. 7A

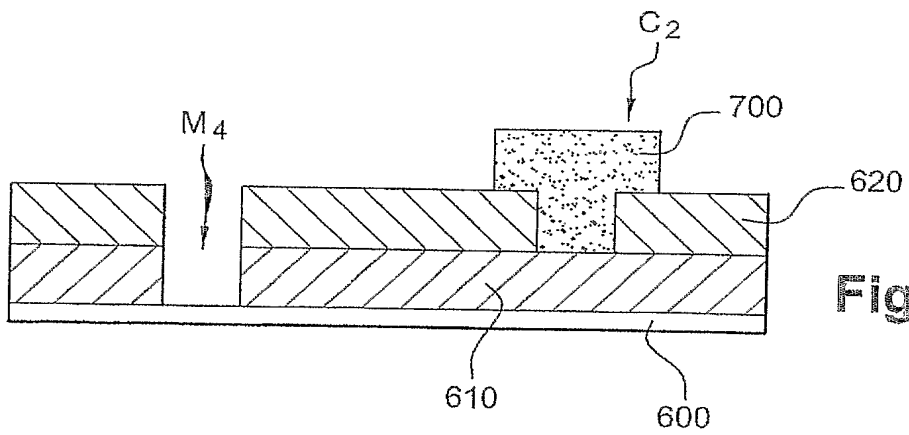


Fig. 7B

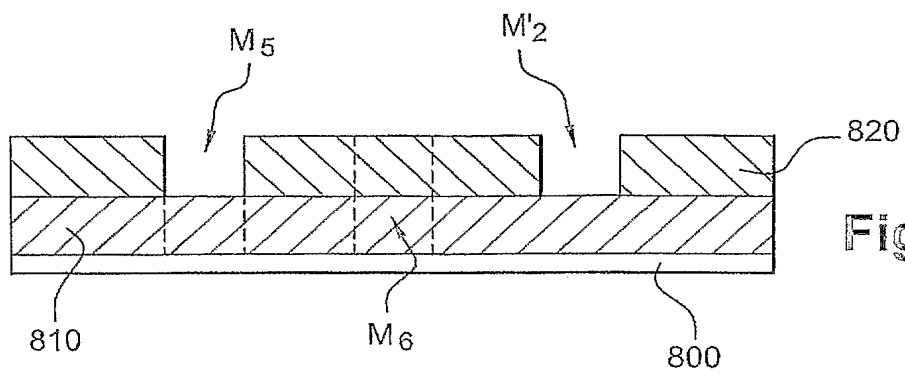


Fig. 8

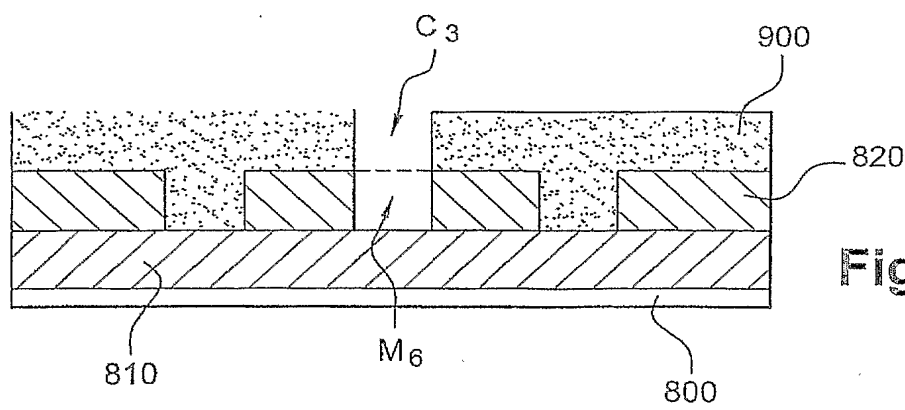
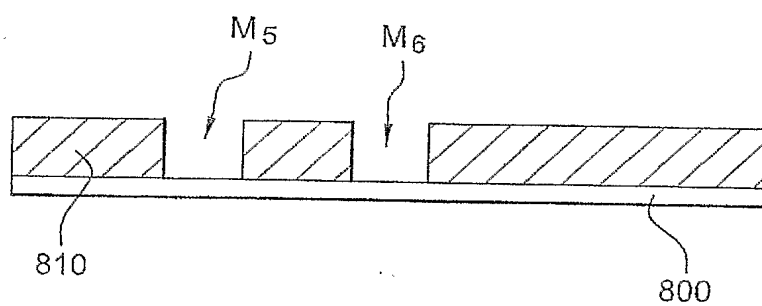
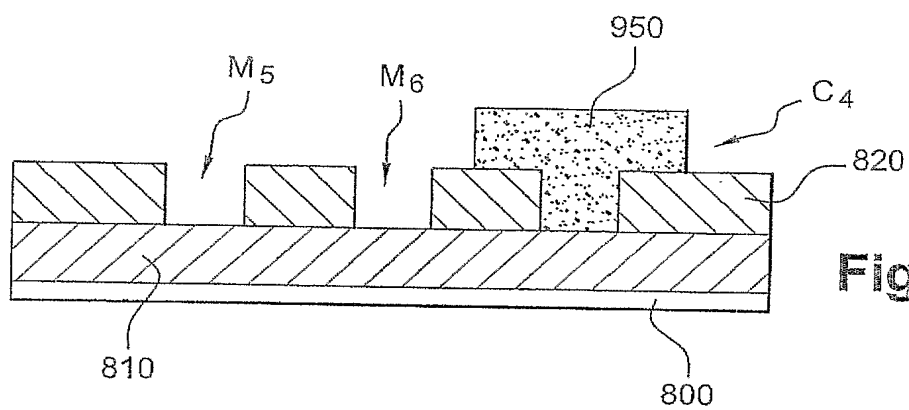
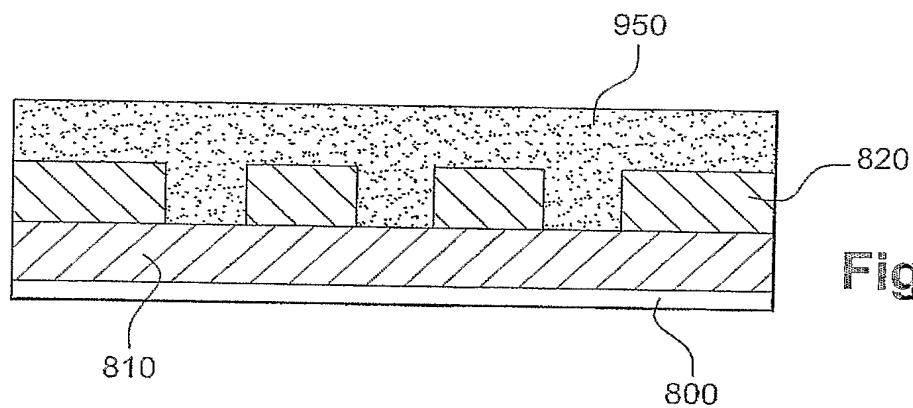


Fig. 9A







## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

### Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	B14446/ALP-DD2535
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
	PROCEDE DE REPARATION D'ERREURS DE MOTIFS REALISES DANS DES COUCHES MINCES.
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	PAIN
Prénoms	Laurent
Rue	Le Mas de Clermont
Code postal et ville	38500 SAINT NICOLAS DE MACHERIN
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

#### Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

#### Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)

PCT/FR2004/050698

